

INTRODUZIONE

ATTILIO RIGAMONTI, (*) ANDREY VARLAMOV, (**)

Nel corso degli ultimi due secoli le inter-relazioni tra calore ed energia, gli effetti in campo termodinamico, gli effetti elettrici associati a differenze di temperatura, il ruolo cruciale dell'attrito e ancora le relative applicazioni in campo tecnico-industriale, sono stati lo scenario di rilevanti sviluppi scientifici nella Fisica, nella Chimica e nella Tecnologia.

In tempi recenti sono emersi nuovi aspetti nella triade calore-elettricità- meccanica, aspetti che promettono sviluppi rilevanti sia in campo strettamente scientifico sia per nuove applicazioni.

Un ambizioso progetto Europeo, dal titolo "MAGENTA", riguardante le applicazioni della Termoelettricità, è stato recentemente varato, con una significativa partecipazione anche italiana e da parte di afferenti all'Istituto Lombardo.

Tale Istituzione ha organizzato il 26 ottobre 2017 un incontro di studio che si riprometteva, da una parte, di portare a conoscenza del vasto pubblico i moderni aspetti di tale triade e dall'altra di fare il punto scientifico, adunando illustri scienziati impegnati nel campo.

Questo sommario vuole solo richiamare, ad integrazione di quanto esposto con efficace chiarezza nel messaggio di benvenuto da parte del Presidente dell'Istituto Prof. Dr. Silvio Beretta, i principi ispiratori di tale convegno e brevemente espone i contenuti essenziali dei diversi interventi che i prestigiosi scienziati hanno magistralmente descritto agli intervenuti.

Dopo le parole di benvenuto e di illustrazione generale formulate

(*) Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere, Milano. Università degli Studi di Pavia, Italia. E-mail: rigamonti@fisicavolta.unipv.it

(**) Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere, Milano. SPIN-CNR, Roma, Italia - MAGENTA. E-mail: varlamov@ing.uniroma2.it

dal Presidente Beretta, il convegno ha visto il contributo di apertura con la rassegna critica “*History and modern trends in studies of thermoelectricity*” di Andrey Varlamov, anche in rappresentanza di Ioulia Chikina e Davide Peddis. Varlamov ha dapprima richiamato il percorso storico degli studi sulla termoelettricità, nelle sue diverse manifestazioni e nei principali eventi. In particolare egli ha illustrato l'affascinante sviluppo delle caratteristiche richieste ai nuovi materiali in vista di rilevanti possibili applicazioni.

La Dr.ssa Sawako Nakamae ha rivolto la sua relazione ai materiali termoelettrici allo stato liquido in connessione alle nuove tecnologie oggetto in particolare del progetto MAGENTA, tra i quali i liquidi ionici ferro fluidi con nano-additivi. Interessante e affascinante illustrazione è stata data su come particelle colloidali cariche possono influenzare il coefficiente Seebeck del fluido, altresì presentando recenti osservazioni sperimentali di questo effetto. Infine la Dr.ssa Nakamae ha discusso una possibile direzione di ricerca nel campo degli effetti termoelettrici attraverso l'impiego dei ferro fluidi, una delle tematiche più vive nell'ambito del progetto MAGENTA.

Il Dr. Marco Sgroi, del Centro Ricerche Fiat, il partner industriale nel progetto MAGENTA, ha illustrato lo stato dell'arte delle tecnologie a favore dell'ambiente, concentrando in particolare il suo contributo sui generatori termoelettrici (TEG). Questi dispositivi sono basati sull'effetto Seebeck e offrono la possibilità di convertire direttamente energia termica in elettricità, mediante ridotta complessità e costi limitati. In particolare il Dr. Sgroi ha mostrato come già attualmente, accoppiando nel motore automobilistico i generatori a giunzioni semiconduttrici, di bassa efficienza e limitato intervallo termico, ai dispositivi TEG si possa dalla combustione recuperare circa 1 kW di potenza elettrica, da una automobile di media grandezza, riducendo la emissione di CO₂ a circa 10 gr/ kilometro.

Le tematiche e i connessi problemi di carattere più strettamente fondamentale coinvolti nelle moderne tecnologie sono stati altresì affrontati nel corso del convegno.

Nei riguardi dell'attrito, questo nemico e d'altra parte amico delle attività umane, il Prof. Erio Tosatti ha dapprima condotto una ampia disanima sulla storia e il ruolo dell'attrito stesso. Ancora ai nostri giorni l'attrito e la sua dipendenza dalla velocità rivestono notevole importanza e richiedono profondi studi. A giustificazione dell'interesse richiesto ai fenomeni connessi all'attrito si può osservare che viene ritenuto che

almeno il 5 per cento dell'energia prodotta giornalmente venga perduto a seguito dei processi di dissipazione. Ulteriormente, come è stato richiamato da Tosatti, a dispetto degli sforzi di grandi scienziati a partire da Leonardo (che formulò le prime basi scientifiche dell'attrito) ancora oggi non si dispone di un'adeguata formulazione scientifica del fenomeno. Del resto, il progresso della scienza non ha luogo in quanto necessario ma piuttosto quando possibile. Tosatti ha brillantemente illustrato e discusso innovativi esperimenti a base meso-scopica e nanoscopica, esperimenti che hanno aperto nuove finestre sul fenomeno dell'attrito a livello atomico e molecolare.

Il Prof. Luciano Colombo ha magistralmente presentato una significativa classe di nuovi materiali organici, in relazione alle loro sorprendenti proprietà termiche. Questi materiali, che manifestano proprietà intermedie tra quelle dello stato liquido e quelle dello stato solido, presentano inusuali effetti e sono in grado, mediante particolari tecniche di preparazione, di conservare storia termica.

Il materiale che potrebbe per eccellenza essere definito il numero uno nel quadro della triade calore-elettricità-meccanica è certamente il grafene. Il Prof. Giorgio Benedek ne ha brillantemente presentato suoi molteplici aspetti. Ha richiamato come il grafene presenti valori record in ciascuna delle proprietà: conducibilità termica, mobilità elettrica e resistenza meccanica. Nell'ultima decade, ha illustrato Benedek, il grafene è divenuto una miniera di scoperte di carattere fondamentale che con sorprendente prontezza sono state utilizzate in applicazioni innovative e che lo candidano a diventare il materiale del futuro.

La lettura di questo bel volume che riporta gli Atti del Convegno potrà fornire agli operatori scientifici del campo innovative idee e suggestioni. Per gli interessati generici con un salutare interesse per i moderni sviluppi scientifici potrà essere una fonte di gratificanti sorprese e di significativi apprendimenti.

During the last two centuries the interrelationships involving heat and energy, their effects in thermodynamic fields, the electric effects related to temperature gradients, the crucial role of the friction as well as the applications in technical issues, have been the scenario of relevant scientific developments in Physics, Chemistry and Technology.

Recently, novel aspects involving the *triade* heat-electricity-mechanics have arisen and significant improvements are being expected in the strictly scientific field as well as in technical applications.

A relevant European project, having the acronym MAGENTA, in particular involving the Thermoelectricity, has been promoted and includes the participation of Italian scientists, some of them belonging to our Istituto Lombardo.

Thus this Institution has organized, in 26th October 2017, a workshop having the aim at bringing to the attention of the general community the modern aspects of that *triade* and in the meantime to address the scientific status of the art, by gathering distinguished scientists involved in the related fields.

The present introductory abstract has only the purpose to emphasize the motivations that have moved our Institution in promoting the meeting and should be considered a simple integration to the opening message delivered with great effectiveness by the President of the Istituto Lombardo Professor Doctor Silvio Beretta.

The essential contents of the high-class contributions that the prestigious scientists have delivered to the attendants the meeting are here briefly summarized.

The workshop has been opened by the review talk from Andrey Varlamov, Ioulia Chikina, and Davide Peddis on “*History and modern trends in studies of thermoelectricity*”, mainly devoted to the long story of the many studies of thermoelectricity, the description of its different manifestations, the fascinating growth of the characteristics required for successful applications in the new materials.

In the subsequent talk Dr. Sawako Nakamae concentrated on the liquid thermoelectric materials and the new technologies, the primary subject of MAGENTA project. Among them: the ionic liquids and ferrofluids with nano-additives. Recently they have been gaining attention as a paradigm change in the thermoelectric technology. Fascinating emphasis has been given on how charged colloidal particles can further influence the fluids’ Seebeck coefficient with recent experimental observations of such effect. Finally, a possible research direction in the field of complex fluid thermoelectrics using ‘ferrofluids’ is discussed in the report by Nakamae.

Dr. Mauro Francesco Sgroi, from the Centro Ricerche FIAT, the industrial partner of MAGENTA, presented the current state of art in environment friendly technologies and concentrated on the specifics of

thermoelectric generators (TEGs). They are based on the Seebeck's effect and offer the possibility to directly convert thermal energy into electricity with a reduced complexity and potential low cost. Sgroi demonstrated that already today, even though available semiconducting junctions are characterized by low efficiency and limited operating temperatures, coupling a TEG to the internal combustion engine could allow recovering about 1 kW of electric power on a medium size car, with a reduction of CO₂ emissions of about 10 g/km.

Several fundamental problems of the modern technologies related to the project have also been addressed. Among them is friction. Professor Erio Tosatti returns to this eternal enemy and at the same time a friend of mankind: from its very origins, human beings had had to reckon with it. Still today, reducing (or increasing) sliding friction remains technological and practical objectives of enormous importance : one can read for example that no less than 5% of all energy daily produced degrades into wasted frictional work. Another record is that despite the involvement of great scientist like Leonardo, who already five centuries ago gave the friction its first scientific bases, there is still today no proper theoretical formulation of the friction it self. However, progress in science does not take place because it is necessary, but because it is possible. In the last decades, new mesoscopic and nanoscopic experimental techniques opened new windows on frictional phenomena at the atomic and molecular level, as Tosatti brilliantly illustrated and discussed.

Prof. Luciano Colombo continued the workshop with the a very piece of discussion of the thermal properties of another class of new materials: organic glasses. The latter are condensed matter systems showing physical properties between solids and liquids. Among unusual properties they can retain information about the thermal history they have been subjected to and the way they have been prepared.

The possibly indisputable champion of the modern *triade* "heat-electricity-mechanics", is graphene. Prof. Giorgio Benedek has masterly illustrated the fascinating and surprising properties of this material. Indeed graphene is a record-holder among all materials in three specialties: thermal conductivity, electrical mobility and mechanical strength. Last decade it became an inexhaustible source of fundamental discoveries, which with surprising quickness has been utilized in technical innovations: it could therefore become the material of the future.

Reading this fine booklet collecting the reports at the workshop should be a precious source of suggestions and innovative ideas for the scientists involved in the ample field of the *triade*. For the non-specialistic readers, still having healthy interest for the modern science, reading it will hopefully be a source of gratifying surprises and significant learning.